

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГТД И ЭЛЕМЕНТОВ ЕГО ТОПЛИВНОЙ АВТОМАТИКИ В ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССАХ

Кривошеев И.А., Ахмедзянов Д.А.

Уфимский государственный авиационный технический университет, г.Уфа

В настоящее время в авиастроении США, Европы и России активно ведутся работы по созданию перспективных самолетов и двигателей для них (VI поколения). Разработка универсальной среды для математического моделирования термогазодинамических процессов авиационных ГТД различных схем на переходных режимах является одной из многочисленных задач общей проблемы обеспечения надежной и устойчивой работы авиационного ГТД. Необходимы работы по созданию инструментальных средств для проведения исследований и анализа эффективности различных методов расчета неустановившихся режимов. Обычно работы в этом направлении касаются отдельно то вопросов динамики собственно двигателя, то работы топливной автоматики двигателей. Свойства последней настолько привязаны к объекту регулирования, что ее невозможно создавать в отрыве от требований к двигателю, от его свойств. Двигателист должен уметь формулировать требования к системе регулирования.

Конкретные аппаратно реализуемые законы дозирования топлива и управления системами двигателя необходимо выявлять в ходе многочисленных расчетных и опытных исследований. Причем желательно в целях экономии времени доводки и средств увеличивать долю расчетных исследований.

При моделировании стационарных и переходных процессов в ГТД используются различные системы, созданные в рамках CAE-технологий: отечественные – ГРАД, DVIG [2,3], зарубежные GasTurb (Германия), JGTS, GECAT (США) и др. В большинстве из них используется модульный принцип построения схем двигателей, т.е. схемы ГТД komponуются из моделей узлов (входное устройство, компрессор, камера сгорания, турбина и т.д.), а закон управления задается в виде накладываемых законов расчета (программ регулирования). Это позволяет учесть статические и динамические характеристики узлов ГТД, но затрудняет возможность учета реальных характеристик САУ и тем более динамических характеристик ее элементов.

Так, например, в системе GasTurb есть возможность задать характеристики регуляторов, но только линейные, в том числе линейные динамические характеристики регуляторов. В то же время система DVIG позволяет работать с явно заданными параметрами и характеристиками (ре-

альными нелинейными) узлов ГТД, при этом динамика процессов по существу моделируется нелинейными дифференциальными уравнениями (в виде динамических поправок к параметрам, определяемым по статическим характеристикам и уравнениям).

В проведенной работе проверена возможность построения модели ГТД с явным включением в модель элементов автоматики (автомат разгона, ограничитель нарастания давления, регулятор подачи топлива, регулятор сопла и т.п.). Для каждого из них задается алгоритм, описывающий связи, динамическая характеристика может задаваться как в явном виде, так и параметрами (постоянные времени, коэффициенты демпфирования и др.), и дополнительными операторами в алгоритмах, вводящими динамические поправки.

Статическая характеристика регулятора подачи топлива задается в виде

$$G_{\text{ст}} = f(n, \alpha_{\text{руд}}),$$

где n – частота вращения того ротора, к которому подключен регулятор;

$\alpha_{\text{руд}}$ – положение ручки управления двигателем.

Кроме того, в модуле “регулятор подачи топлива” введена динамическая поправка к статическому значению расхода топлива:

$$G_{\text{T}} = G_{\text{ст}} + \Delta G_{\text{Tдин}}.$$

Если полагать, что динамические свойства регулятора близки к инерционному звену, то

$$\Delta G_{\text{Tдин}} = -T \frac{dG_{\text{T}}}{dt},$$

а если к колебательному, то

$$\Delta G_{\text{Tдин}} = -2T\xi \frac{dG_{\text{T}}}{dt} - T^2 \frac{d^2 G_{\text{T}}}{dt^2},$$

где T – постоянная времени регулятора;

ξ – коэффициент демпфирования регулятора.

Здесь величины T и ξ отражают в неявном виде реальные конструктивные исполнения. В модуле “регулятор” могут быть явно заданы жесткость пружины, масса центробежных грузиков, размеры плеч рычагов, форма иглы, и уже по ним определяются требуемые коэффициенты.

Таким образом, формируемые модели основаны на интегральных статических и динамических характеристиках как узлов двигателя, так и топливной системы (включая топливную автоматику).

Добавление возможности использования различных регуляторов

позволяет более точно моделировать переходные процессы и анализировать устойчивость системы в целом.

На рис.1 в системе DVIG показана схема одновального ГТД с регулятором подачи топлива.

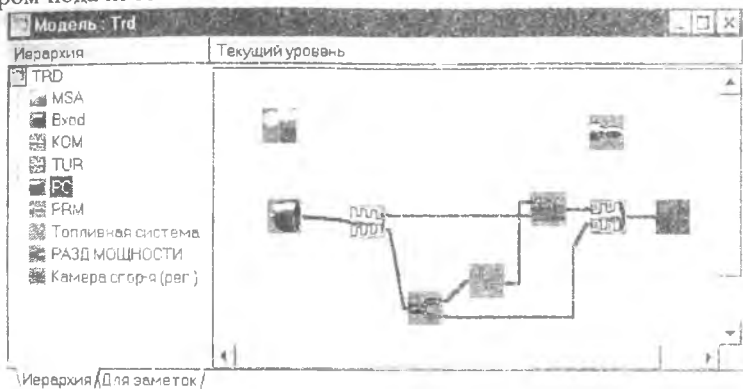


Рис.1. Топологическая схема двигателя с регулятором в системе DVIG.

С использованием характеристик регулятора появляется возможность моделировать поведение системы, включающей двигатель с элементами автоматики при изменении $\alpha_{руд}$, числа M , высоты H и т.д.

Таким образом, новизна предложенной методики заключается в появлении возможности учета динамических свойств элементов, в возможности организации структурного синтеза САУ совместно со структурным синтезом самого двигателя, подбора требуемых динамических свойств элементов автоматики, что важно как на этапах проектирования ГТД и САУ, так и их доводки.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобразования РФ

Список литературы

1. Сосунов В.А., Литвинов Ю.А. Неустановившиеся рсжимы работы авиационных двигателей. М.: Машиностроение, 1975. - 216 с.
2. Математические модели авиационных двигателей произвольных схем (компьютерная среда DVIG): Учебное пособие / Под ред. проф. Ахмедзянова А.М. Уфа: изд. УГАТУ, - 1998. - 128 с.
3. Кривошеев И.А., Ахмедзянов Д.А. Модульный принцип учета влияния динамических факторов на характеристики неустановившихся процессов ГТД в компьютерной среде DVIG // ИВУЗ. Авиационная техника. - Казань, 1999, № 1. - С. 36-40